

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

11000 U.S. PTO  
09/987740  
11/15/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-349630

出 願 人

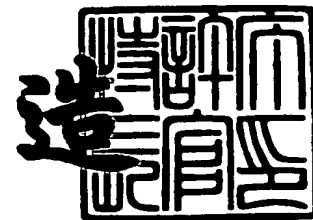
Applicant(s):

エスエムシー株式会社

2001年 6月18日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3057066

【書類名】 特許願

【整理番号】 PCH15465SH

【提出日】 平成12年11月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F15B 11/00

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2 エスエムシー  
                    株式会社 筑波技術センター内

    【氏名】 張 護平

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2 エスエムシー  
                    株式会社 筑波技術センター内

    【氏名】 妹尾 満

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県筑波郡谷和原村絹の台4-2-2 エスエムシー  
                    株式会社 筑波技術センター内

    【氏名】 小根山 尚武

【特許出願人】

    【識別番号】 000102511

    【氏名又は名称】 エスエムシー株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100077665

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 千葉 剛宏

【選任した代理人】

    【識別番号】 100077805

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 佐藤 辰彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001834

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708429

【プルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】

空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置および結果表示処理記録物

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電磁弁、スピードコントローラ、空気圧シリンダおよびこれらを接続する配管の予め定めた複数の組み合わせに対して空気圧シリンダの負荷割合毎に空気圧シリンダのピストン駆動のための電磁弁励磁時から前記空気圧シリンダのピストンがその移動終端位置に達するまでのピストンの移動時間および前記ピストンが移動終端位置に達したときの前記ピストンの移動速度を求めるシミュレーション手段と、

前記複数の組み合わせに対して前記負荷割合毎にシミュレーション手段によって求めた前記ピストンの移動時間および前記ピストンの移動速度を空気圧シリンダのストロークを基準として表示装置に重畳表示する表示制御手段と、

を備えたことを特徴とする空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置。

【請求項 2】

電磁弁、スピードコントローラ、空気圧シリンダおよびこれらを接続する配管の予め定めた複数の組み合わせに対して空気圧シリンダの負荷割合毎に空気圧シリンダのピストン駆動のための電磁弁励磁時から前記空気圧シリンダのピストンがその移動終端位置に達するまでのピストンの移動時間および前記ピストンが移動終端位置に達したときの前記ピストンの移動速度を、前記複数の組み合わせに対して前記負荷割合毎に空気圧シリンダのストロークを基準として重畳記録したことを特徴とする空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理記録物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は空気圧機器の動作を数値シミュレートした結果に基づきピストンの移動時間および移動速度を重畳して表示処理する空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置および結果表示処理記録物に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

空気圧シリンダを含む空気圧機器の動作をシミュレートすることにより、空気圧機器を選択する方法が種々提案されている。

【 0 0 0 3 】

この選択方法として例えば特開 2 0 0 0 - 1 7 9 5 0 3 号公報に示されているものがある。

【 0 0 0 4 】

この方法は、空気圧アクチュエータデータベース、電磁弁データベース、駆動制御機器データベース、配管データベース、管継手データベース、排気処理機器データベースにそれぞれ空気圧アクチュエータ、電磁弁、駆動制御機器、配管、管継手、排気処理機器に関する品番などのデータを蓄積し、システムを構成する空気圧機器に必要な条件を計算し、その計算結果に適合した空気圧機器を各データベースから選定する。この選定において、第 1 段階で基礎方程式にしたがった計算に基づいて負荷条件、強度条件および速度条件を満たす空気圧アクチュエータを空気圧アクチュエータデータベースから選定し、第 2 段階で速度条件の判別式を満たす電磁弁を電磁弁データベース、排気処理機器データベースから排気処理機器を選定し、第 3 段階で速度条件の判別式を満たす駆動制御機器、配管、管継手を駆動制御機器データベース、配管データベース、管継手データベースからそれぞれ選定するものである。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

上記した従来の選択方法によるときは、空気圧アクチュエータ、電磁弁、駆動制御機器、配管、管継手、排気処理機器に関する品番などのデータを、予め空気圧アクチュエータデータベース、電磁弁データベース、駆動制御機器データベース、配管データベース、管継手データベース、排気処理機器データベースに蓄積しておく必要があるという問題点がある。

【 0 0 0 6 】

さらに空気圧機器選定のために、基礎方程式にしたがった計算に基づいて負荷

条件、強度条件および速度条件を満たす空気圧アクチュエータを空気圧アクチュエータデータベースから選定し、速度条件の判別式を満たす電磁弁を電磁弁データベースから選択し、排気処理機器を排気処理機器データベースから選定し、速度条件の判別式を満たす駆動制御機器、配管、管継手を駆動制御機器データベース、配管データベース、管継手データベースからそれぞれ選定し、選定の度毎に基礎方程式に基づく計算を行い、かつ速度条件の判別式を満たすか否かの判定を行わなければならない、選定のための処理がきわめて複雑であり、簡易に空気圧機器を選定することができないという問題点があった。

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、簡易に空気圧機器の組み合わせを選定することができる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置および結果表示処理記録物を提供することを目的とする。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置は、電磁弁、スピードコントローラ、空気圧シリンダおよびこれらを接続する配管の予め定めた複数の組み合わせに対して空気圧シリンダの負荷割合毎に空気圧シリンダのピストン駆動のための電磁弁励磁時から前記空気圧シリンダのピストンがその移動終端位置に達するまでのピストンの移動時間および前記ピストンが移動終端位置に達したときの前記ピストンの移動速度を求めるシミュレーション手段と、

前記複数の組み合わせに対して前記負荷割合毎にシミュレーション手段によって求めた前記ピストンの移動時間および前記ピストンの移動速度を空気圧シリンダのストロークを基準として表示装置に重畳表示する表示制御手段と、

を備えたことを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

本発明にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置によれば、シミュレーション手段によって電磁弁、スピードコントローラ、空気圧シリンダおよびこれらを接続する配管の予め定めた複数の組み合わせに対して空気圧シリンダの負荷割合毎に空気圧シリンダのピストン駆動のための電磁弁励磁時から空気

圧シリンダのピストンがその移動終端位置に達するまでのピストンの移動時間および前記ピストンが移動終端位置に達したときのピストンの移動速度が求められ、前記複数の組み合わせに対して前記負荷割合毎にシミュレーション手段によって求めたピストンの移動時間および移動速度が表示手段に表示制御手段の制御の下に空気圧シリンダのストロークを基準として重畳して表示される。

## 【 0 0 1 0 】

本発明にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理記録物は、電磁弁、スピードコントローラ、空気圧シリンダおよびこれらを接続する配管の予め定めた複数の組み合わせに対して空気圧シリンダの負荷割合毎に空気圧シリンダのピストン駆動のための電磁弁励磁時から前記空気圧シリンダのピストンがその移動終端位置に達するまでのピストンの移動時間および前記ピストンが移動終端位置に達したときの前記ピストンの移動速度を、前記複数の組み合わせに対して前記負荷割合毎に空気圧シリンダのストロークを基準として重畳記録したことを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

本発明にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理記録物によれば、電磁弁、スピードコントローラ、空気圧シリンダおよびこれらを接続する配管の予め定めた複数の組み合わせに対して空気圧シリンダの負荷割合毎に空気圧シリンダのピストン駆動のための電磁弁励磁時から前記空気圧シリンダのピストンがその移動終端位置に達するまでのピストンの移動時間および前記ピストンが移動終端位置に達したときのピストンの移動速度が、前記複数の組み合わせに対して前記負荷割合毎に空気圧シリンダのストロークを基準として重畳記録される。

## 【 0 0 1 2 】

したがって、本発明の空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置および結果表示処理記録物によれば、動作シミュレート結果表示処理装置によって表示された表示内容および記録物によって、電磁弁、スピードコントローラ、空気圧シリンダおよびこれらを接続する配管の予め定めた複数の組み合わせでピストンが所望の時間に移動終端位置に達するかおよび移動終端位置におけるピストンの移動速度が所望の速度であるかがわかり、電磁弁、スピードコントローラ、空気

圧シリンダおよびこれらを接続する配管の予め定めた複数の組み合わせの中から所望の組み合わせを容易に判断することができる。

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置および結果表示処理記録物を実施の一形態によって説明する。

【 0 0 1 4 】

図 1 は本発明の実施の一形態にかかる空気圧機器の動作シミュレートを行うためのシミュレータを示すブロック図であり、図 2 は本発明の実施の一形態にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置の対象システム（空気圧機器システムとも記す）を示す構成図である。

【 0 0 1 5 】

本発明の実施の一形態にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置の対象システムは、図 2 に示すように、空気圧源 1 から出力される供給空気を自動減圧弁 2 によって一定空気圧に制御し、自動減圧弁 2 にて圧力制御された出力空気を電磁弁 3 を介して送出し、電磁弁 3 からの出力空気を並列接続された可変絞り 4 - 1 と逆止弁 4 - 2 とからなる駆動制御機器を構成するスピードコントローラ 4 を介してアクチュエータである片ロッドタイプの空気圧シリンダ 5 のヘッド側室（充填側室とも記す）に供給し、空気圧シリンダ 5 のロッド側室（放出側室とも記す）から送出される放出空気を並列接続された可変絞り 6 - 1 と逆止弁 6 - 2 とからなる駆動制御機器を構成するスピードコントローラ 6 を介して電磁弁 3 に供給して電磁弁 3 から送出し、電磁弁 3 から送出される空気圧シリンダ 5 からの放出空気は排気処理装置であるサイレンサ 7 を介して大気に放出するように形成されている。

【 0 0 1 6 】

ここで、空気圧シリンダ 5 がロッド側を上にして垂直に設けられ、質量 M のシリンダ負荷 8 が空気圧シリンダ 5 のピストン 5 - 2 の負荷（空気圧シリンダ 5 の負荷、または単に負荷とも記す）として設けてある。スピードコントローラ 4 は配管距離を短縮するために空気圧シリンダ 5 のヘッド側空気接続口に直接接続さ



れ、スピードコントローラ 6 も配管距離を短縮するために空気圧シリンダ 5 のロッド側空気接続口に直接接続されている。スピードコントローラ 4 および 6 を形成する可変絞り 4-1 および 6-1 は全開に設定してある。スピードコントローラ 6 はメータアウト回路である。また、符号 9 は電磁弁 3 とスピードコントローラ 4 を接続する空気配管を示し、符号 10 はスピードコントローラ 6 と電磁弁 3 を接続する空気配管を示す。

## 【0017】

本発明の実施の一形態における空気圧機器の動作シミュレートは、上記した空気圧機器システムと同様の空気圧機器システムであって、電磁弁 3 の有効断面積、空気配管 9 および 10 の内径および長さ、スピードコントローラ 4 および 6 の有効断面積、空気圧シリンダ 5 の内径、空気圧シリンダ 5 のピストンロッド 5-1 の断面積およびピストン 5-2 のストローク、サイレンサ 7 の有効断面積等の、それぞれ異なるサイズの複数の組み合わせの場合について各別にシミュレートを行う。

## 【0018】

次に、本発明の実施の一形態にかかる空気圧機器の動作シミュレートを行うためのシミュレータのブロック図について説明する。

## 【0019】

図 1 (a) に示すように、シミュレータ 20 は、自動減圧弁 2 の出力空気圧力  $P_s$ 、空気温度  $\theta$ 、ガス定数  $R$ 、空気圧シリンダ 5 の設置角度  $\delta_0$ 、空気圧シリンダ 5 の負荷 8 の質量  $M$ 、空気圧シリンダ 5 のピストン 5-2 の運動時の摩擦力  $F_r$ 、空気圧シリンダ 5 のヘッド側室の受圧面積  $A_{cu}$  および空気圧シリンダ 5 のロッド側室の受圧面積  $A_{cd}$  ( $=$ ヘッド側室の受圧面積  $A_{cu}$  - ピストンロッド 5-1 の有効断面積) を設定するほかに、電磁弁 3 の有効断面積、スピードコントローラ 4 の有効断面積、空気配管 9 の有効断面積とに基づいた直列合成から求めた空気圧シリンダ 5 のヘッド側の管路の有効断面積  $S_{eh}$ 、電磁弁 3 の有効断面積、スピードコントローラ 6 の有効断面積、サイレンサ 7 の有効断面積、空気配管 10 の有効断面積に基づいた直列合成から求めた空気圧シリンダ 5 のロッド側の管路の有効断面積  $S_{er}$  を設定するための入力装置 21 を備えている。

## 【 0 0 2 0 】

さらに、シミュレータ 2 0 には、図 1 ( b ) に示す如き、空気圧シリンダ 5 の負荷割合（負荷率とも記す） $\alpha$  と空気圧シリンダ 5 の各定格受圧面積別のピストン 5 - 2 の定格ストロークとを組み合わせた可変パラメータテーブルが格納されたテーブル領域のほかに作業領域を備えた RAM 2 2 と、演算プログラムが格納された ROM 2 4 と、ROM 2 4 に格納されたプログラムに基づいて RAM 2 2 に格納されている可変パラメータテーブルを参照してシミュレート演算を行う CPU からなるシミュレート演算装置 2 3 と、シミュレート演算装置 2 3 による演算結果である、電磁弁 3 の励磁時からピストン 5 - 2 の移動終端位置に達するまでに要する時間とピストン 5 - 2 がその移動終端位置に達したときにおけるピストン 5 - 2 の移動速度とを空気圧シリンダ 5 のストロークを基準として重畳表示する出力装置 2 5 とを備えている。

## 【 0 0 2 1 】

RAM 2 2 に格納されている可変パラメータテーブルの一例は詳細には、図 1 ( b ) に示すごとくであって、空気圧シリンダ 5 の全負荷割合を 1 0 0 % とした場合の負荷割合  $\alpha$  を 1 0 %、3 0 %、5 0 %、7 0 % とし、各負荷割合の場合について、空気圧シリンダ 5 の各定格受圧面積別にピストン 5 - 2 の定格ストロークを 5 0 mm、1 0 0 mm、1 5 0 mm、2 0 0 mm、2 5 0 mm、3 0 0 mm、3 5 0 mm、4 0 0 mm とした場合を例示し、負荷割合と定格ストロークをパラメータとしている。

## 【 0 0 2 2 】

シミュレート演算装置 2 3 は機能的に、可変パラメータテーブルの異なるパラメータの組み合わせを読み出す可変パラメータ更新読み込み手段 2 3 - 1 と、読み出した定格ストロークであるピストン 5 - 2 の移動終端位置（以下、単に移動終端位置とも記す）にピストン 5 - 2 が到達したかを判別する移動終端位置到達判別手段 2 3 - 2 と、空気圧シリンダ 5 のピストン 5 - 2 がその移動終端位置に到達するまでの時間および移動終端位置におけるピストン 5 - 2 の移動速度を演算する演算手段 2 3 - 3 と、演算手段 2 3 - 3 による演算到達時間および演算移動速度を、出力装置 2 5 に空気圧シリンダ 5 のストロークを基準として負荷割合

毎に重畳表示させる表示制御手段 2 3 - 4 とを備えている。

#### 【 0 0 2 3 】

図 2 に示した空気圧機器システムを等価的に示せば、図 3 に示す如くに、電磁弁 3 のオン、オフに基づく切替接点 b および c と、自動減圧弁 2 からの空気（出力空気圧力  $P_s$ ）を電磁弁 3 の空気流入側の有効断面積、空気配管 9 の移動断面積、スピードコントローラ 4 の有効断面積および空気圧シリンダ 5 のヘッド側接続口の有効断面積に基づくシリンダヘッド側管路の等価有効断面積  $S_{eh}$  に基づく抵抗と、電磁弁 3 の空気流出側の有効断面積、空気配管 10 の有効断面積、スピードコントローラ 6 の有効断面積および空気圧シリンダ 5 のロッド側接続口の有効断面積に基づくシリンダロッド側管路の等価有効断面積  $S_{er}$  に基づく抵抗とで示すことができる。ここで、 $P_{cu}$  は空気圧シリンダ 5 のヘッド側室における空気圧力を示し、 $P_{cd}$  は空気圧シリンダ 5 のロッド側室における空気圧力を示し、 $P_a$  は大気圧を示し、矢印は空気圧シリンダピストン 5 - 2 の移動方向の正の方向を示している。

#### 【 0 0 2 4 】

空気圧シリンダ 5 をその設置位置を含めて示せば一般的に図 4 に示す如くであり、 $\delta_0$  は水平位置とピストンロッド 5 - 1 とのなす角度を示し、 $A_{cu}$  はヘッド側室の空気圧シリンダ 5 の受圧面積を示し、 $A_{cd}$  は空気圧シリンダ 5 のロッド側室の受圧面積を示し、 $G_h$  は空気圧シリンダ 5 のヘッド側室への空気質量流量を示し、 $G_r$  は空気圧シリンダ 5 のロッド側室の空気質量流量を示している。

#### 【 0 0 2 5 】

上記のように組み合わされた空気圧機器において、電磁弁 3 の励磁時からピストン 5 - 2 が移動終端位置に到達するまでの到達時間と移動終端位置におけるピストン 5 - 2 の移動速度を求めるためのシミュレーションプログラムについて図 5 および図 6 に示すフローチャートに基づいて説明する。

#### 【 0 0 2 6 】

シミュレーションプログラムが開始されると、空気圧シリンダ 5 の内径、ロッド径およびストローク、スピードコントローラ 4 および 6 の自由流れおよび制御流れのときの有効断面積、電磁弁 3 の空気流入側室および流出側室の有効断面積

、空気配管 9 および 1 0 の有効断面積、サイレンサ 7 の有効断面積から直列合成式によって求めた有効断面積が初期条件として入力装置 2 1 から設定される（ステップ S 1）。

## 【 0 0 2 7 】

ステップ S 1 に続いて、RAM 2 2 中の可変パラメータテーブルから最初の可変パラメータ条件が可変パラメータ更新読み込み手段 2 3 - 1 の制御の下に読み込まれる（ステップ S 2）。この場合の最初の可変パラメータは例えば、負荷割合が 1 0 %、移動終端位置である空気圧シリンダ 5 の定格ストロークが 5 0 mm である。

## 【 0 0 2 8 】

ステップ S 2 に続いて、変数  $n$  が 0 に設定されると共に電磁弁 3 が励磁される（ステップ S 3）。ステップ S 3 に続いて到達時間および移動速度の演算が演算手段 2 3 - 3 の制御の下になされる（ステップ S 4）。ステップ S 4 については図 6 に基づいて後程説明する。

## 【 0 0 2 9 】

ステップ 4 において、ピストン 5 - 2 の変位  $x[n]$  が移動終端位置か否かがチェックされる（ステップ S 5）。ステップ S 5 において変位  $x[n]$  が移動終端位置でないと判別されたときは、ステップ S 5 に続いて変数  $n$  のインクリメント、すなわち  $n = n + 1$  が実行され（ステップ S 1 0）、変位  $x[n]$  が移動終端位置であると判別されるまで、ステップ S 4 から再び実行される。

## 【 0 0 3 0 】

ステップ S 5 において、変位  $x[n]$  が移動終端位置であると判別されたときは、ステップ S 5 に続いて移動終端位置および負荷割合における  $(n \times \Delta t)$  が演算されて演算結果が記憶される（ステップ S 6）。ステップ S 6 に続いて移動終端位置および負荷割合におけるピストン 5 - 2 の移動速度  $u[n]$  が記憶される（ステップ S 7）。ここで、 $(n \times \Delta t)$  はピストン 5 - 2 の駆動のために電磁弁 3 が励磁されたときからピストン 5 - 2 がその移動終端位置に達するまでの時間を示している。

## 【 0 0 3 1 】

ステップ S 7 に続いて、図 1 (b) に示した全可変パラメータが読み込まれたか否かがチェックされ (ステップ S 8)、ステップ S 8 において全可変パラメータが読み込まれていないと判別されたときは、ステップ S 8 に続いて次の可変パラメータ条件が読み込まれて (ステップ S 1 1)、ステップ S 8 において全可変パラメータが読み込まれたと判別されるまで、ステップ S 1 1 に続きステップ S 3 から実行が繰り返される。

## 【 0 0 3 2 】

したがって、ステップ S 8 において全可変パラメータが読み込まれたと判別されたときは、ピストン 5 - 2 の移動終端位置および負荷割合  $\alpha$  に対して記憶した到達時間である ( $n \times \Delta t$ ) とピストン 5 - 2 の移動終端位置および負荷割合  $\alpha$  に対して記憶したピストン 5 - 2 の移動終端位置における移動速度  $u [n]$  が読み出されて、ピストン 5 - 2 の移動終端位置および負荷割合  $\alpha$  に対して到達時間と移動速度をプロットして、ピストン 5 - 2 の到達時間および移動速度が出力装置 2 5 に表示制御手段 2 3 - 4 の制御の下に円滑に結んだ描画がされる (ステップ S 9)。

## 【 0 0 3 3 】

したがって、このステップ S 9 の実行によって、各負荷割合  $\alpha$  に対して、空気圧シリンダ 5 を駆動するために電磁弁 3 を励磁したときからピストン 5 - 2 の移動終端位置にピストン 5 - 2 が到達するまでの時間 (黒丸) とピストン 5 - 2 の移動終端位置におけるピストン 5 - 2 の移動速度 (x 印) とが各定格ストローク、本例では、5 0 mm、1 0 0 mm、1 5 0 mm、2 0 0 mm、2 5 0 mm、3 0 0 mm、3 5 0 mm、4 0 0 mm のそれぞれについてプロットされ、プロットされた時間、移動速度がそれぞれ各別に円滑に結ばれて図 7 に実線で示す図形が表示される。この表示を記録物として印刷して出力する。

## 【 0 0 3 4 】

上記のようにして、可変パラメータの全ての組み合わせに対して空気圧シリンダ 5 を駆動するために電磁弁 3 を励磁したときから移動終端位置にピストン 5 - 2 が到達するまでの時間 (黒丸) とピストン 5 - 2 の移動終端位置におけるピストン 5 - 2 の移動速度 (x 印) との描画の終了に続いて、空気圧シリンダシステ

ムの異なる組み合わせに対して、再び図5に示すフローチャートを実行することによって、図8(a)、(b)および図9(a)、(b)に示す他の空気圧機器の組み合わせに対して空気圧シリンダ5を駆動するために電磁弁3を励磁したときから移動終端位置にピストン5-2が到達するまでの時間(黒丸)とピストン5-2の移動終端位置におけるピストン5-2の移動速度(x印)とに基づく描画が行われる。

## 【0035】

図8および図9においてMB $\phi$ 32、MB $\phi$ 40、MB $\phi$ 50、MB $\phi$ 63は、それぞれ空気圧シリンダ5の内径を示している。

## 【0036】

次に、ステップS4における到達時間および移動速度演算ルーチンについて図6に基づいて説明する。

## 【0037】

この説明に先立って、符号および空気圧シリンダヘッド側への空気質量流量G<sub>h</sub>等について説明する。

## 【0038】

$\theta$ は空気温度を示し、ピストン5-2の移動によっても変化がないものとする。  
Rはガス定数を示し、V<sub>c u</sub>は空気圧シリンダ5のヘッド側室の容積を示し、V<sub>c d</sub>は空気圧シリンダ5のロッド側室の容積を示し、P<sub>a</sub>は大気圧を示し、aは空気圧シリンダ5のピストン5-2の加速度を示し、 $\alpha$ は負荷割合を示し、F<sub>r</sub>は摩擦モデルを示し、gは重力の加速度を示し、 $\kappa$ は空気の比熱比を示す。

## 【0039】

空気圧シリンダ5のヘッド側室への空気質量流量G<sub>h</sub>は、下記の(1)式に示す如くに求められる。

## 【0040】

【数 1】

$$Gh = Seh\phi(Ps, Pcu, \theta) \quad \dots\dots(1)$$

【0041】

ここで、 $\phi(Ps, Pcu, \theta)$  は、 $Pcu/Ps > 0.528$  のとき、下記の (2) 式で求められ、 $Pcu/Ps \leq 0.528$  のとき、下記の (3) 式で求められる。

【0042】

【数 2】

$$\phi = Ps \sqrt{\frac{2\kappa}{R\theta(\kappa-1)} \left\{ \left( \frac{Pcu}{Ps} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left( \frac{Pcu}{Ps} \right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right\}} \quad \dots\dots(2)$$

【0043】

【数 3】

$$\phi = Ps \sqrt{\frac{\kappa}{R\theta} \left( \frac{2}{\kappa+1} \right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}}} \quad \dots\dots(3)$$

【0044】

空気圧シリンダ 5 のヘッド側室の空気圧力  $Pcu$  および空気圧シリンダ 5 のロッド側室の空気圧力  $Pcd$  は、下記の (4) 式および (5) 式で求められる。

【0045】

【数 4】

$$V_{cu} \frac{dP_{cu}}{dt} = -A_{cu} \cdot P_{cu} \cdot u + R\theta G_h \quad \dots\dots(4)$$

【 0 0 4 6】

【数 5】

$$V_{cd} \frac{dP_{cd}}{dt} = A_{cd} \cdot P_{cd} \cdot u + R\theta G_r \quad \dots\dots(5)$$

【 0 0 4 7】

ピストン 5-2 の加速度は下記の (6) 式によって求められる。

【 0 0 4 8】

【数 6】

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} = A_{cu}(P_{cu} - P_a) - A_{cd}(P_{cd} - P_a) - F_r \quad \dots\dots(6)$$

【 0 0 4 9】

ここで、運動時の摩擦モデル  $F_r$  は、下記の (7) 式によって示すように乾摩擦力と粘性摩擦力との和で表されるものとしている。

【 0 0 5 0】

【数 7】

$$F_r = \begin{cases} F_s \left( \frac{dx}{dt} = 0 \right) \\ F_c + C \frac{dx}{dt} \quad \left( \frac{dx}{dt} \neq 0 \right) \end{cases} \quad \dots\dots(7)$$



## 【0051】

これらの(1)式～(7)式は「油圧と空気圧」第28巻第7号、平成9年11月号の第766頁～第771頁に記載された「管路を含む空気圧シリンダシステムのシミュレーション」により公知であり、これらを利用してシミュレーションを行う。

## 【0052】

ステップS4における到達時間および移動速度演算ルーチンが実行されると、空気圧シリンダ5のヘッド側室への空気質量流量 $G_h$ が $G_h[n] = S_{eh} \phi [P_s, P_{cu}[n], \theta]$ で求められ(ステップS21)、次いで空気圧シリンダ5のヘッド側室の容積 $V_{cu}[n]$ が $V_{cu}[n] = A_{cu} \cdot x[n]$ で求められ(ステップS22)、続いて、空気圧シリンダ5のヘッド側室の圧力変化 $dP_{cu}[n]$ が $dP_{cu}[n] = (1/V_{cu}[n]) \cdot [-A_{cu} \cdot P_{cu}[n] \cdot u[n] + R \cdot \theta \cdot G_h[n]]$ で求められる(ステップS23)。

## 【0053】

ここで、ステップS22は空気圧シリンダ5のヘッド側室の容積 $V_{cu}[n]$ の定義であり、ステップS22を実行するのは空気圧シリンダ5のヘッド側室の容積 $V_{cu}[n]$ がピストン5-2の変位 $x[n]$ にて変化するためである。ステップS23において負号(－)を付したのは、空気圧シリンダ5のヘッド側室の容積 $V_{cu}$ の増加(減少)によって空気圧シリンダ5ヘッド側室の圧力 $P_{cu}$ は減少(増加)するためである。ステップS23は空気圧シリンダ5のヘッド側室の圧力変化分を示している。

## 【0054】

ステップS23に続いて、空気圧シリンダ5のヘッド側室の圧力 $P_{cu}[n]$ が $P_{cu}[n] = P_{cu}[n-1] + dP_{cu}[n] \times \Delta t$ で求められる(ステップS24)。ステップS21～ステップS24は空気圧シリンダ5のヘッド側室に対する演算である。次いで、空気圧シリンダ5のロッド側室への空気質量流量 $G_r[n]$ が $G_r[n] = S_{er} \phi [P_{cd}[n], P_a, \theta]$ で求められる(ステップS25)。ステップS25に続いて空気圧シリンダ5のロッド側室の容積 $V_{cd}[n]$ が $V_{cd}[n] = A_{cd} \cdot (\text{移動終端位置} - x[n])$ で求め

られる（ステップS26）。

【0055】

ステップS26に続いて、空気圧シリンダ5のロッド側室の圧力変化 $dP_{cd}$  [n] が $dP_{cd} [n] = (1/V_{cd} [n]) \cdot [A_{cd} \cdot P_{cd} [n] \cdot u [n] + R \cdot \theta \cdot G_r [n]]$  で求められる（ステップS27）。ステップS27において $A_{cd} \cdot P_{cd} [n] \cdot u [n]$  の符号が（+）である理由は、空気圧シリンダ5のロッド側室の容積 $V_{cd}$ の増加によって空気圧シリンダ5のロッド側室の空気圧力 $P_{cd}$ が増加するためである。

【0056】

ステップS27に続いて、空気圧シリンダ5のロッド側室の圧力 $P_{cd} [n]$  が $P_{cd} [n] = P_{cd} [n-1] + dP_{cd} [n] \times \Delta t$  で求められる（ステップS28）。ステップS25～ステップS28は空気圧シリンダ5のロッド側室に対する演算である。

【0057】

続いて負荷質量 $M = A_{cu} \cdot P_s \cdot \alpha$ によって負荷割合 $\alpha$ が求められる（ステップS29）。ステップS29に続いて、ピストン5-2の加速度 $a [n]$  が、 $a [n] = (1/M) \cdot [A_{cu} (P_{cu} [n] - P_a) - A_{cd} (P_{cd} [n] - P_a) - F_r - M \cdot g \cdot \sin \delta_0]$  で求められる（ステップS30）。

【0058】

ステップS30に続いてピストン5-2の移動速度 $u [n]$  が、 $u [n] = u [n-1] + a [n] \times \Delta t$  で求められる（ステップS31）。ステップS31から明らかなようにピストン5-2の加速度 $a [n]$  を積分することによってピストン5-2の移動速度 $u [n]$  が求められる。

【0059】

ステップS31に続いてピストン5-2の変位 $x [n]$  が、 $x [n] = x [n-1] + u [n] \times \Delta t$  で求められる（ステップS32）。ステップS32から明らかなようにピストン5-2の移動速度 $u [n]$  を積分することによってピストン5-2の変位 $x [n]$  が求められる。

【0060】

ステップ S 3 2 の実行によって、到達時間および速度演算ルーチンは終了し、ステップ S 3 2 に続いてステップ S 5 が実行されて（図 5 参照）、全可変パラメータが読み込まれたと判別されたとき、全移動終端位置および負荷割合  $\alpha$  に対して記憶した到達時間である  $(n \times \Delta t)$  と全移動終端位置および負荷割合  $\alpha$  に対して記憶したピストン 5 - 2 の移動速度  $u[n]$  が読み出されて、移動終端位置および負荷割合  $\alpha$  に対してプロットして、円滑に結ばれて到達時間および移動速度が出力装置 2 5 に表示制御手段 2 3 - 4 の制御の下に、例えば、図 8 および図 9 の如く描画される。

## 【 0 0 6 1 】

したがって、図 8 および図 9 によって、ピストン 5 - 2 が全ストロークを移動するのに要する時間および移動終端位置におけるピストン 5 - 2 の移動速度が表示画面および表示画面の記録物から判り、タイムシーケンス決定のための参考になり、必要とする空気圧機器の組み合わせを容易に判断することができる。

## 【 0 0 6 2 】

## 【発明の効果】

以上説明したように本発明にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置および結果表示処理記録物によれば、空気圧シリンダのピストンが全ストロークを移動するのに要する時間および移動終端位置におけるピストンの移動速度が動作シミュレート結果表示処理装置および結果表示処理記録物から判り、タイムシーケンス決定のための参考になり、必要とする空気圧機器の組み合わせを容易に判断することができるという効果が得られる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

本発明の実施の一形態にかかる空気圧機器の動作シミュレートを行うためのシミュレータを示すブロック図である。

## 【図 2】

本発明の実施の一形態にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置の対象システムを示す構成図である。

## 【図 3】

本発明の実施の一形態にかかる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置の対象システムを等価的に示した模式図である。

【図 4】

本発明の実施の一形態にかかる空気圧機器の空気圧シリンダの設置位置を示す模式図である。

【図 5】

本発明の実施の一形態にかかるピストンの移動終端位置への到達時間と移動終端位置におけるピストンの移動速度を求めるためのフローチャートである。

【図 6】

本発明の実施の一形態にかかるピストンの移動終端位置への到達時間と移動終端位置におけるピストンの移動速度を求めるためのフローチャートである。

【図 7】

本発明の実施の一形態にかかる移動終端位置にピストンが到達するまでの時間と移動終端位置におけるピストンの移動速度の描画の説明図である。

【図 8】

本発明の実施の一形態にかかる移動終端位置にピストンが到達するまでの時間と移動終端位置におけるピストンの移動速度の描画の説明図である。

【図 9】

本発明の実施の一形態にかかる移動終端位置にピストンが到達するまでの時間と移動終端位置におけるピストンの移動速度の描画の説明図である。

【符号の説明】

- |                        |                  |
|------------------------|------------------|
| 1 … 空気圧源               | 2 … 自動減圧弁        |
| 3 … 電磁弁                | 4、6 … スピードコントローラ |
| 5 … 空気圧シリンダ            | 5-1 … ピストンロッド    |
| 5-2 … ピストン             | 7 … サイレンサ        |
| 8 … 負荷                 | 9、10 … 空気配管      |
| 21 … 入力装置              | 22 … RAM         |
| 23 … シミュレート演算装置        |                  |
| 23-1 … 可変パラメータ更新読み込み手段 |                  |

2 3 - 2 … 移動終端位置到達判別手段

2 3 - 3 … 演算手段

2 3 - 4 … 表示制御手段

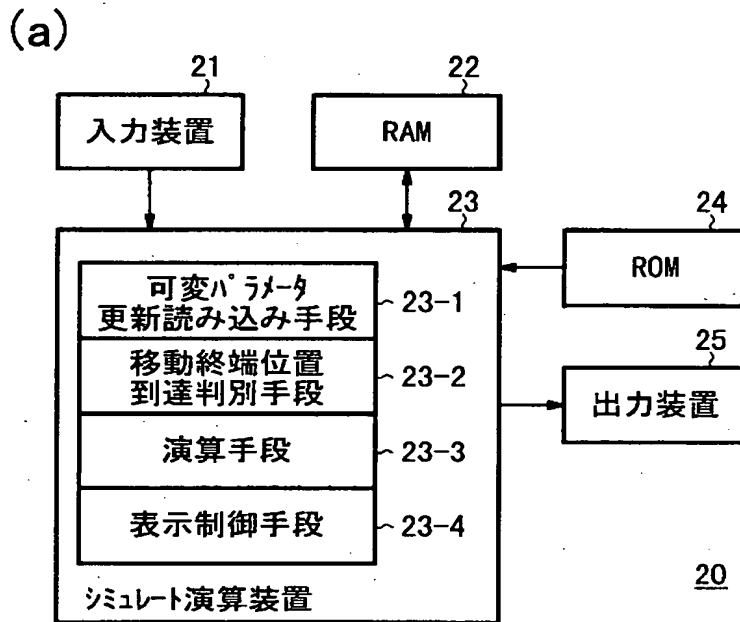
2 4 … R O M

2 5 … 出力装置

【書類名】 図面

【図 1】

FIG. 1



(b)

| 負荷割合 | 定格ストローク |       |       |       |       |       |       |       |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 50mm    | 100mm | 150mm | 200mm | 250mm | 300mm | 350mm | 400mm |
| 10%  | 50mm    | 100mm | 150mm | 200mm | 250mm | 300mm | 350mm | 400mm |
| 30%  | 50mm    | 100mm | 150mm | 200mm | 250mm | 300mm | 350mm | 400mm |
| 50%  | 50mm    | 100mm | 150mm | 200mm | 250mm | 300mm | 350mm | 400mm |
| 70%  | 50mm    | 100mm | 150mm | 200mm | 250mm | 300mm | 350mm | 400mm |

【図 2】

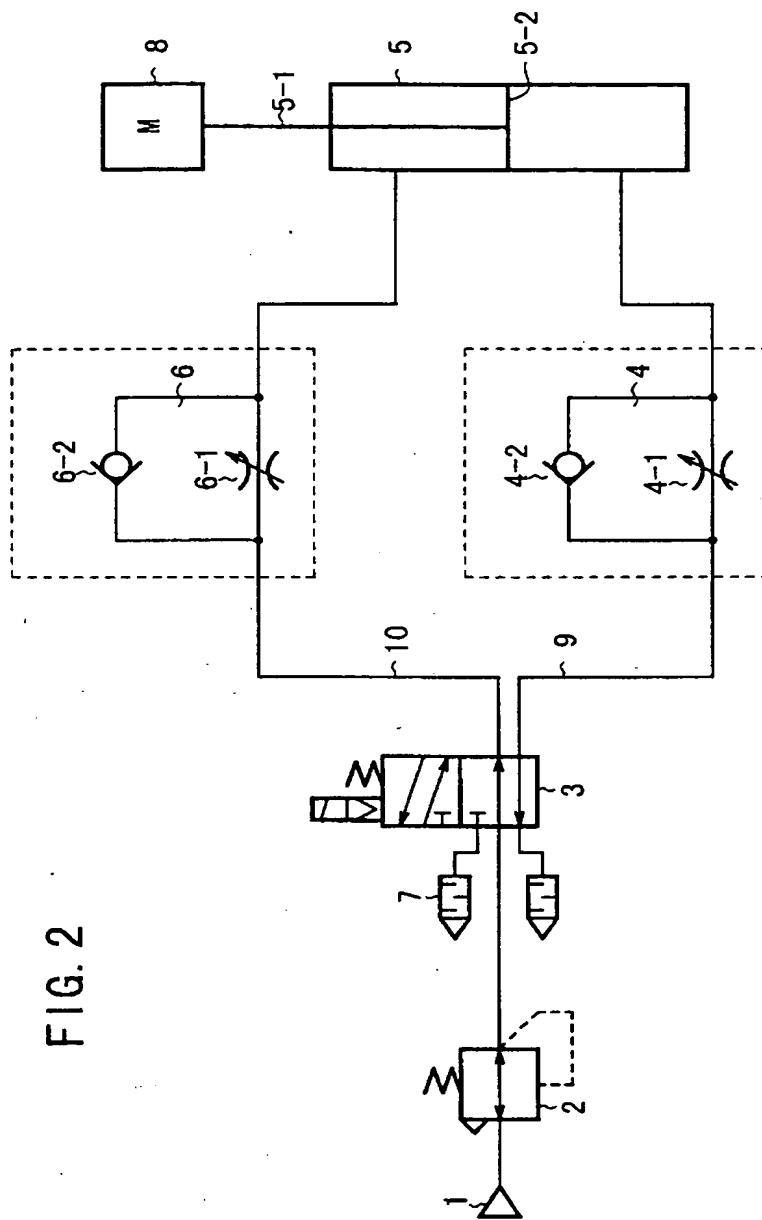
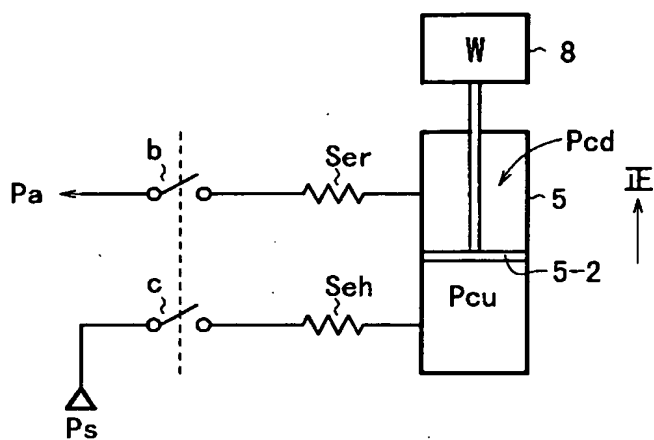


FIG. 2

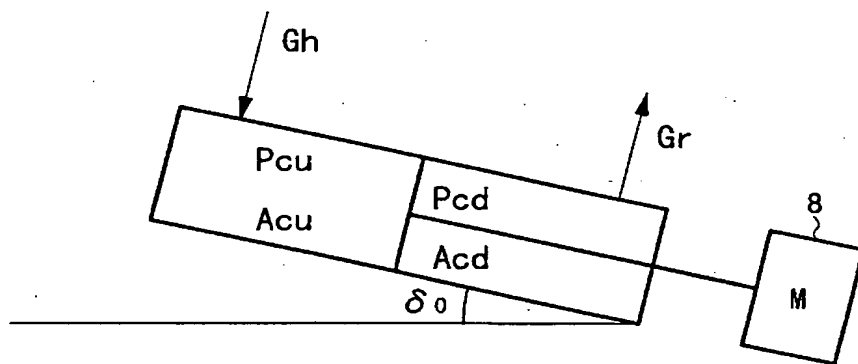
【図 3】

FIG. 3



【図 4】

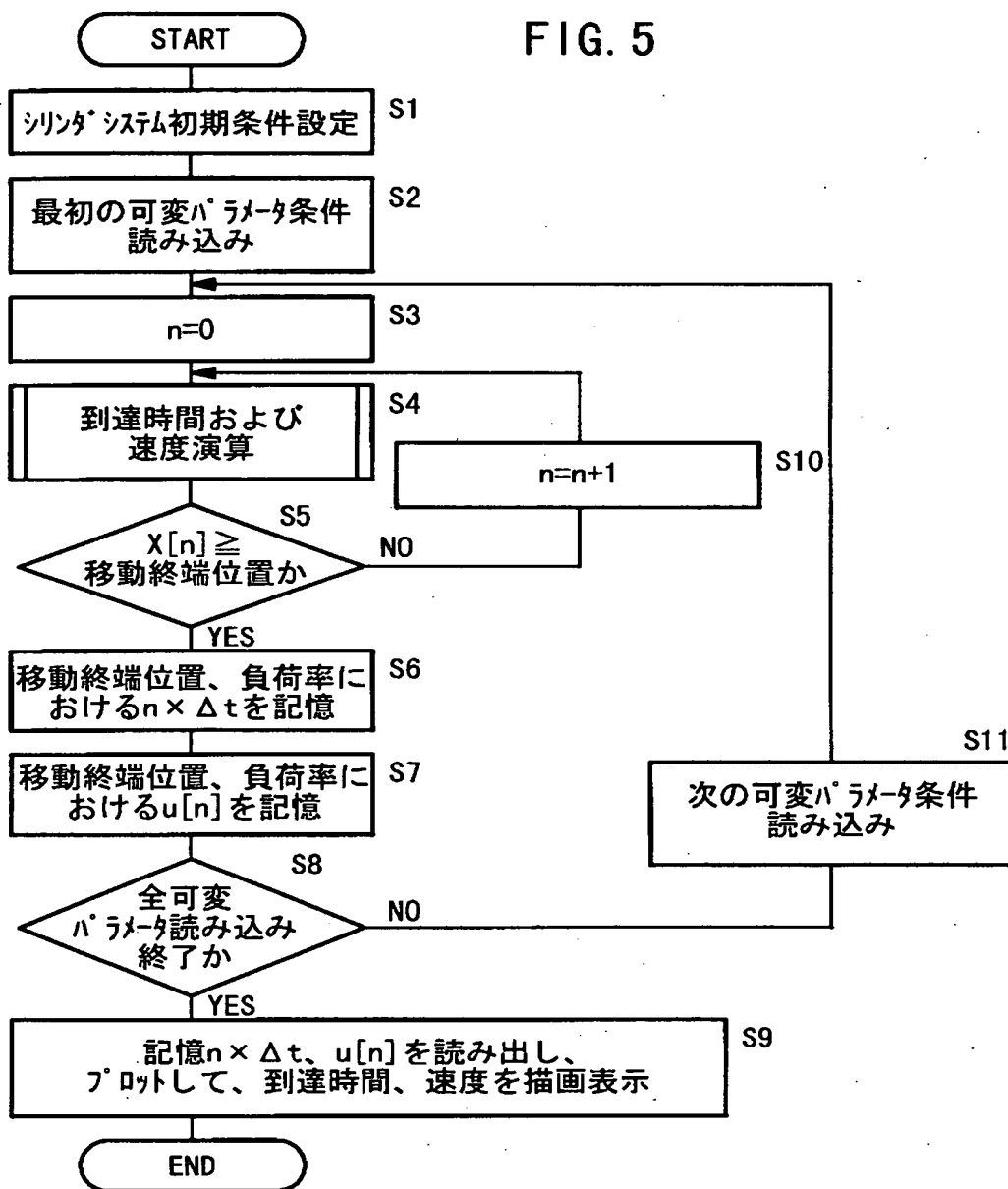
FIG. 4





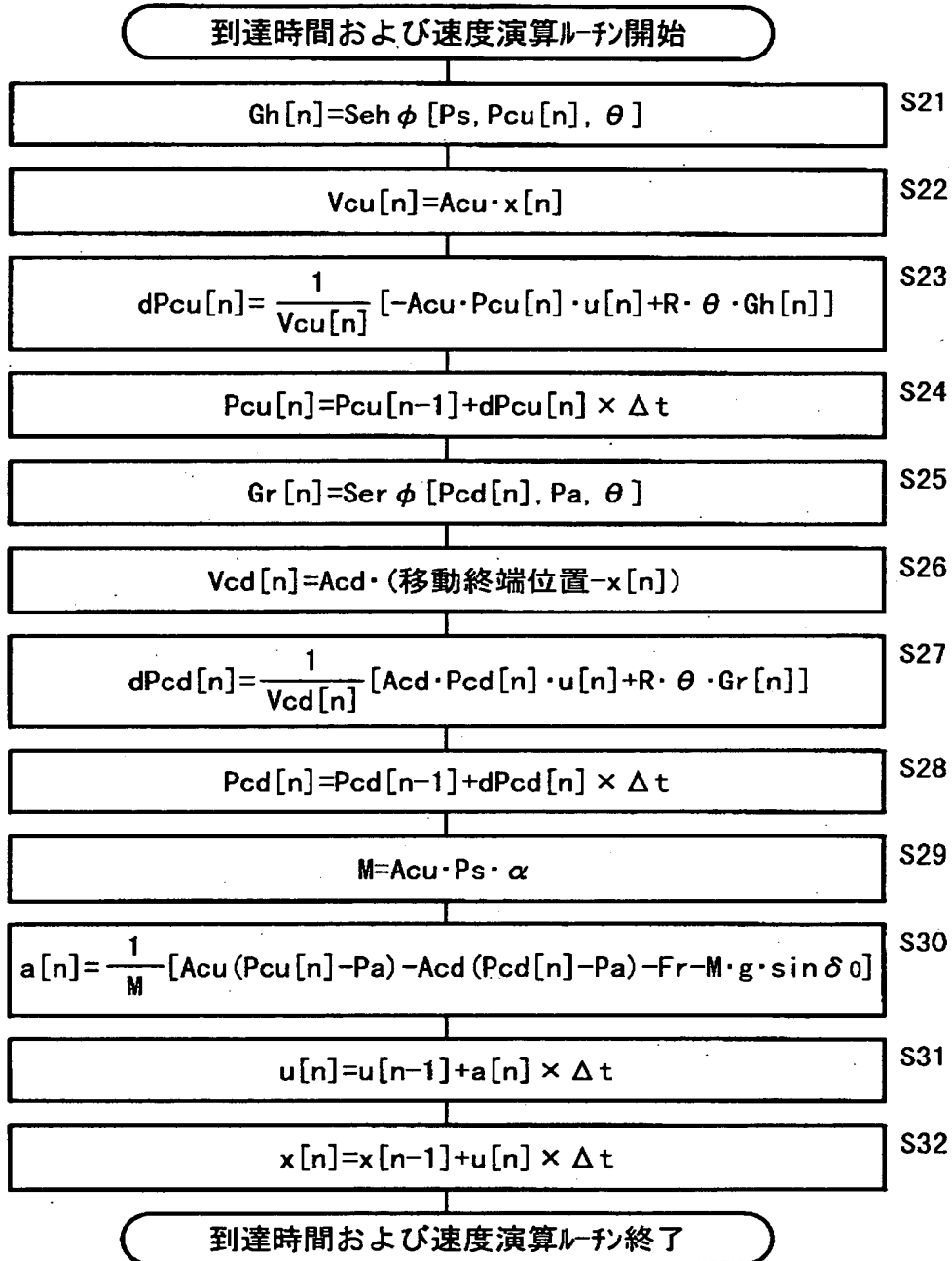
【図 5】

FIG. 5



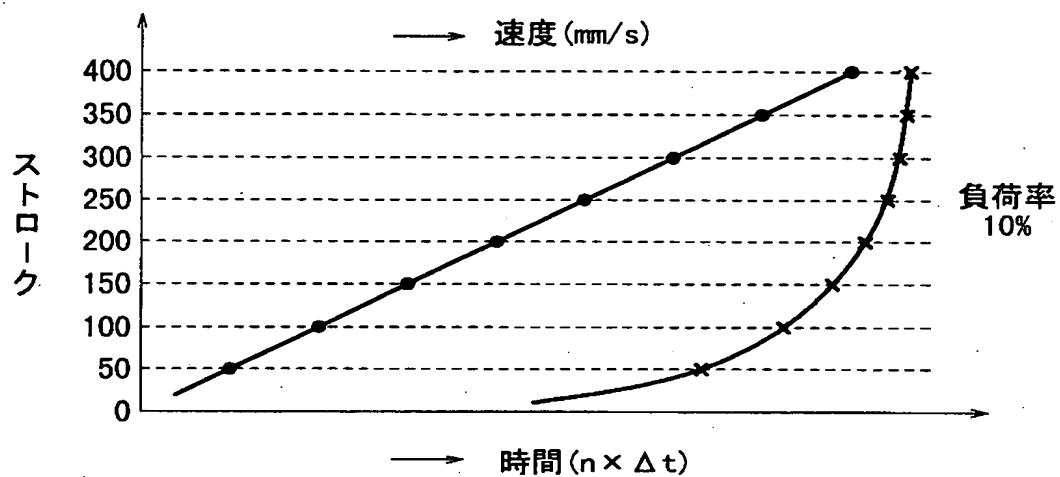
【図 6】

FIG. 6



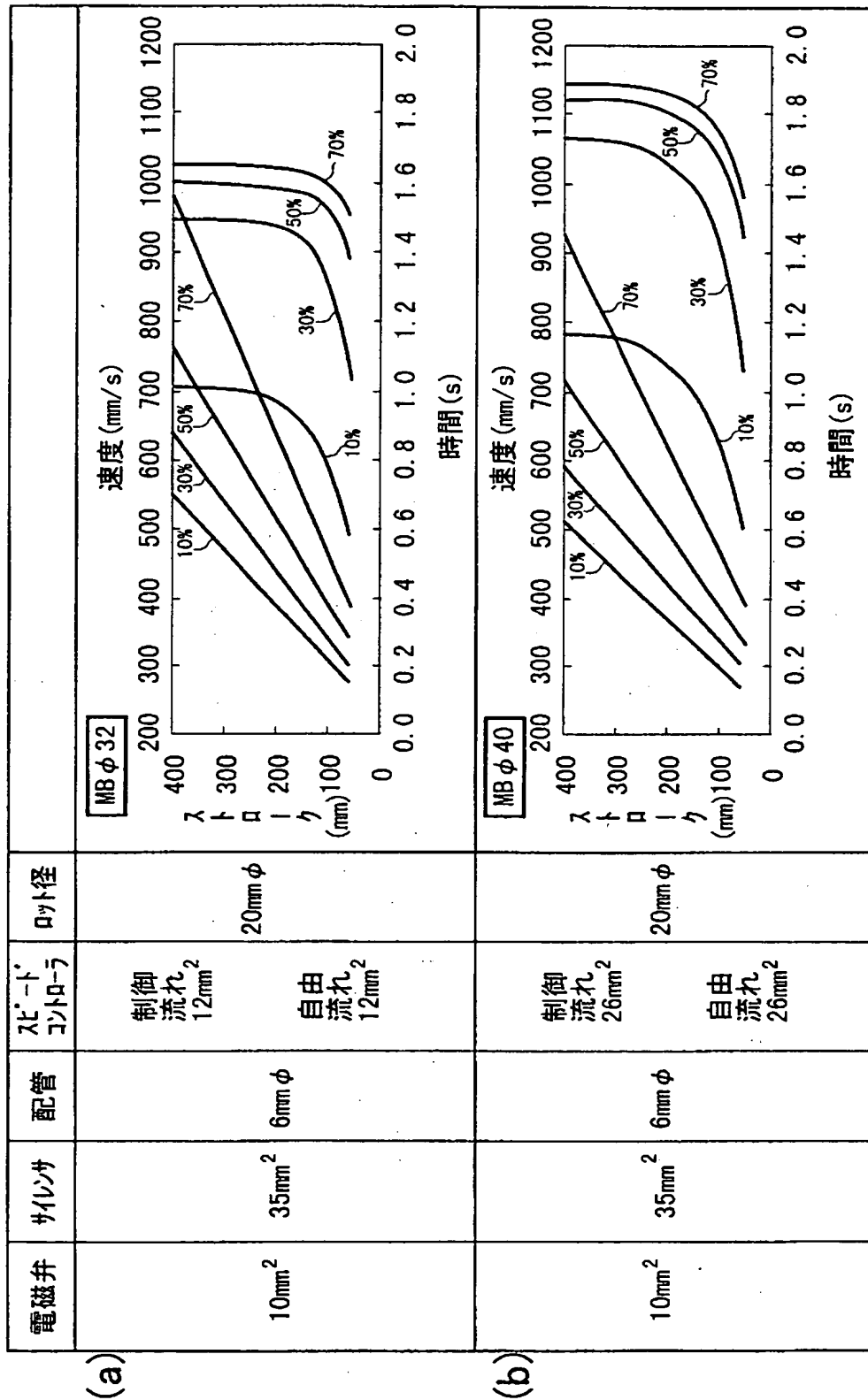
【図 7】

FIG. 7



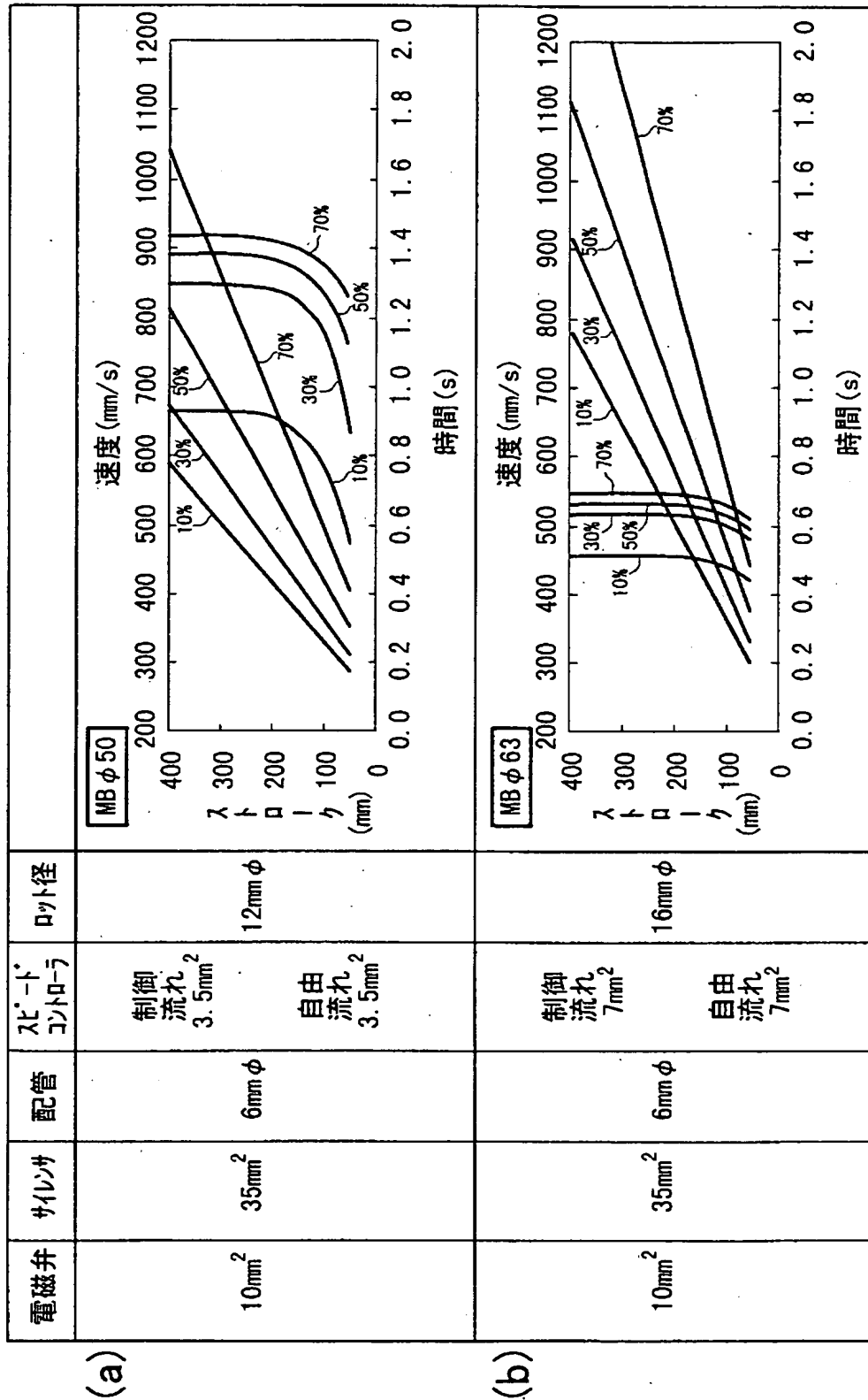
【図 8】

FIG. 8



【図 9】

FIG. 9



【書類名】要約書

【要約】

【課題】簡易に空気圧機器の組み合わせを選定することができる空気圧機器の動作シミュレート結果表示処理装置および結果表示処理記録物を提供する。

【解決手段】シミュレート演算装置 2 3 によって電磁弁、スピードコントローラ、空気圧シリンダおよびこれらを接続する配管の予め定めた複数の組み合わせに対して空気圧シリンダの負荷割合毎に空気圧シリンダのピストン駆動のために電磁弁を励磁したときからピストンがその移動終端位置に達するまでの移動時間および移動終端位置に達したときのピストンの移動速度を求め、前記複数の組み合わせに対して負荷割合毎にシミュレート演算装置 2 3 によって求めたピストンの移動時間および移動速度を、空気圧シリンダのストロークを基準として表示制御手段 2 3 - 4 の制御の下に出力装置 2 5 に重畳して表示した。

【選択図】図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000102511]

1. 変更年月日 1990年 8月17日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区新橋1丁目16番4号  
氏 名 エスエムシー株式会社